

# 计算机网络

---

## 概述

---

### 网络发展三个阶段：

ARPANET

三级结构

分为主干网，地区网，校园网（或企业网）

全球范围 多层次 ISP结构：因特网服务提供者

### 传统的三网：

电信网

有线电视网

计算机网络

## 组成

边缘部分（主机）

核心部分（网络与路由器）

## 通信方式

C-S方式：区分客户与服务器

对等（P2P）方式：不区分服务请求方与服务提供方

## 路由器的作用

分组交换：转发对应的分组

## 三种交换方式

电路交换

报文交换

分组交换

## 网络的分类

基于作用范围

WAN广域网

MAN城域网

LAN局域网

PAN个人局域网

基于使用者

公用网

专用网

虚拟专用网络 (VPN)

## 网络性能指标（计算题1-17,1-18）

速率

带宽（信道所能传输的最高数据率）

信号的宽度随带宽的增大而变窄

吞吐量（单位时间通过的实际数据量）

时延（计算）

发送时延（计算）

传播时延（计算）

处理时延

排队时延

总时延 = 发送时延+传播时延+处理时延+排队时延

## 协议的要素

语法，语义，同步

## 物理层

目的：在媒体上传输比特流

## 信噪比

信号与噪声的平均功率之比

公式： $db = 10 \log_{10} (S/N)$

极限速率传输速率： $C = W \log_2(1+S/N)$

## ISM

无线局域网可自由使用的频段

## 物理层传输媒体

导引型

同轴电缆

双绞线

区分有无屏蔽层，绞合度

光纤：体积小，重量轻，抗干扰性好

单模，远，慢

多模，近，快

非导引型

自由空间

## 模拟数字信号相比

模拟信号为连续的

数字信号为离散的

## 信道通信方式

单向（单工）

双向交替（半双工）

双向同时（全双工）

## 调制方式

基带调制：仅变换波形，称为编码

带通调制：使用载波进行调制，将频率范围移到较高频段，并转为模拟信号

## 调制方法

调幅，调频，调相

## 编码方式特点

曼彻斯特，差分曼彻斯特：频率高，能自同步

## 信道复用（计算题）

FDMA 频分复用多址（光纤中WDM波分复用）

TDMA时分复用多址

CDMA码分多址（计算题）

## ADSL

非对称数字用户线

低频留给传统电话，高频用于上网，上下行不对称

## 数据链路层

链路是无源的点到点的物理线路段，中间没有交换阶段

数据链路：物理链路加协议

## 使用协议

PPP点对点

CSMA/CD载波监听，多点接入，碰撞检测

## 数据链路信道

点对点

广播

## 数据链路协议的三个基本问题（CRC计算3-07）

封装成帧（加头尾）

透明传输（解决控制字符,用字节填充/字符填充）

差错控制（CRC）（计算）

## PPP(点对点协议)

三个组成部分：

IP数据报封装到串行链路

LCP链路控制协议

NCP网络控制协议

流程

链路协商->用户名密码鉴别->网络层协议配置

## 局域网拓扑结构

星型，总线

## 适配器(网卡)作用（简答）

串并行转换

缓存数据

安装驱动

实现以太网协议

## CSMA/CD

载波监听、多点接入/碰撞检测

## 争用期

数据端到端往返时间称之为 $t$ ( $\tau$ ,一声)

$2t$ 称之为争用期/碰撞窗口

因此需要最短有效帧长

## 最短有效帧长（简答）

发送帧的时间必须要大于争用期，并在这段时间内没有检测到碰撞才视为有效，因此为使得发送时间大于争用期，规定最短有效帧长为64字节

## MAC

MAC:媒体介入控制，共**48位**

硬件地址/物理地址/MAC地址

注册管理机构RA向厂家分配高24位

低24位称为扩展标识符

## 接收逻辑判断，检查MAC地址

符合则收下，不符合则丢弃

分为三种帧

单播

多播

广播

## MAC帧的格式

先目的地址后源地址

额外附加18字节

前面有7字节的同步码与1字节定界符，不算在帧内

## MTU

最大传送单元

规定**数据字段**的最大长度

## 如何算作无效MAC帧（简答）

数据字段长度与长度字段的值不同

数据字段长度不在46-1500字节之间

帧的长度不在64-1518字节之间

帧的长度不是整数字节

帧检验序列FCS查出有错

若无效则直接丢弃

## MAC帧自学习算法（大题，3-33）

更新：交换机收到一个帧后先自学习

查找匹配度源地址：

若没有则增加，若有则更新

转发

查找匹配的目的地地址

若没有则进行广播（除来源外）

若有则按表转发

## 碰撞域/集线器/交换机

任意时刻只能有一个站发送数据，否则会产生碰撞

集线器组成的局域网在一个碰撞域中，交换机每个端口为一个独立的冲突域

集线器每个用户、端口占有的平均带宽为 $1/n$ ，总带宽为1

交换机每个用户/端口占有的平均带宽为1，总带宽为n

交换机转发端口基于mac地址，集线器转发给所有端口

## 物理媒介标识符

10BASE-T

10:速率，单位为兆位/秒（非字节）

BASE：基带

T：双绞线

TX 屏蔽双绞线

T4 4类双绞线

C 铜缆

F L S 光纤

## 网络层

无连接

尽最大努力传输（不可靠）

数据报服务

## 使用协议

ICMP：网络控制报文协议

IGMP：网络组管理协议

ARP：地址解析协议

# IP地址分类

网络号，主机号

ABCD类：

A:0-127,8位网络号，0开头

B:128-191,16位网络号，10开头

C:192-223,24位网络号，110开头

D:224-239,多播地址，1110开头

E:240之后，1111开头

一般不使用的：

网络号	主机号	源地址	目的地址	代表的意思
0	0	可以	不可	在本网络上的本主机（见 6.6 节 DHCP 协议）
0	host-id	可以	不可	在本网络上的某台主机 host-id
全 1	全 1	不可	可以	只在本网络上进行广播（各路由器均不转发）
net-id	全 1	不可	可以	对 net-id 上的所有主机进行广播
127	非全 0 或全 1 的任何数	可以	可以	用作本地软件环回测试之用，仅在网络层交互，不经过链路和物理层

总结：0指自己，1指广播，全0全1均不能作为主机地址

## 路由器转发

在路由器转发之间，IP数据报中的IP源地址与目的地址始终不变，MAC地址会随着转发而改变

## IP首部格式

前有20字节固定长度，后有可选字段

可选字段用全0的填充字段填充成4字节的整数倍

## ARP（简答）

地址解析协议

解决IP地址与MAC地址的映射问题

由于没有相关的安全验证，可能会出现ARP欺骗

具体方法

- 1.A广播请求分组，包含A本机IP,本机MAC,目的IP
- 2.目的IP相同的主机B接收请求分组，向指定的主机A单播自己的IP与MAC
- 3.A将B的映射写入缓存，B将A的映射写入缓存

## IP数据报分片（大题）（重点）

- ID：产生一个数据报则加1，相同数据报的分片ID相同
- 标志位：MF=1：后面还有分片 DF=0:允许分组
- 片偏移：以8字节为偏移单位，相对于原数据报数据段的起点

## 特定主机路由 /默认路由

- 特定主机路由：为特定的目的主机指定一个路由
- 默认路由：无论分组的指定网络在哪里，都由指定的路由处理

## 子网掩码计算网络地址

- 转换为二进制然后逐位相与

## 划分子网后转发分组算法（大题，但老师没提）

- 按照优先级
- 1：检查网络号与**直接相连**的各网络的网络号是否匹配
- 2：特定主机路由
- 3：检查网络号与路由表中网络号是否匹配
- 4：默认路由

## IP编址问题演进

- 二级地址分类->三级地址（划分子网）->CIDR
- CIDR采用斜线记法，在IP地址后加一个斜线，然后协商网络前缀所占的位数
- 网络前缀相同的连续IP地址称为“CIDR地址块”
- 最小地址为0，最大地址为全1，但一般不使用

## CIDR地址块划分（可能大题，但老师没提）

- 二叉树，地址块开始结束，子网掩码，广播地址
- 看课后题

## 最长前缀匹配（大题）

- 收到的地址与路由器中的项目地址的子网掩码进行与操作
- 与的结果选择匹配的那项
- 如果都匹配选择掩码更长的



# ICMP

网络控制报文协议

用于报告差错情况与提供有关异常情况的报告

分为差错报告报文与询问报文

差错报告：

- 终点不可达
- 时间超过
- 参数问题
- 重定向

以下几种不发送

- 对差错报文本身
- 对第一个分片的数据报片的所有后续数据报片
- 对多播地址
- 对特殊地址127或全0

应用：PING,不经过传输层，用于测试两个主机的连通性，使用ICMP请求与回复。

## 路由算法的自适应性

静态：人工配置

动态：路由算法自动生成

## 网关协议

AS:自治系统，在单一技术管理下的一组路由器，使用一致的路由选择策略

自治系统之间称为**域间路由选择**自治系统内部称为**域内路由选择**

分为内部网关协议与外部网关协议

内部网关协议：RIP，OSPF

外部网关协议：BGP

## RIP（大题）

基于距离向量的路由选择协议

特点：

- 仅与相邻路由器交换信息
- 交换的是**本路由器的路由表**（到所有网络的距离和下一跳路由器）（体现基于距离向量）
- 按照固定的时间间隔交换
- 有“好消息传播的快，坏消息传播的慢”的特点
- 只适用于小型网络

## OSPF

基于链路状态协议

特点：

向所有路由器发送信息（洪泛法）

发送的是**相邻所有路由器的链路状态**，最终知道整个网络的拓扑结构

当链路状态发生变化时进行发送

没有“好坏消息”的特点

能够用于很大规模的网络

## BGP

不同的自治系统的路由器之间交换信息

交换自治系统的可达性

## 交换结构

常用交换方法

通过存储器

通过总线

通过纵横交换结构

## 指明的专用地址

10开头

172.16-172.32

192.168开头

只作为本地地址，内部通讯用

## VPN

虚拟专用网络

## IPV6

仍然支持无连接

地址扩展到128位

数据报由两部组成：基本首部（40字节）有效载荷（包含扩展首部与数据部分）

过渡时策略有：双协议栈，隧道技术

IGMP与ARP被合并

## SDN

体系结构

把控制层面与数据层面分离

目前采用OpenFlow协议

## 运输层

---

主机间的通信事实上是主机中的应用进程互相通信，又称为端到端的通信

很重要的功能为复用和分用

## 协议

UDP 用户数据报协议，TCP传输控制协议

ARQ 自动重传请求

UDP特点：

无连接

尽最大努力交付

面向报文

无拥塞控制

支持一对多，多对多

首部8字节，开销小

TCP特点：

面向连接

可靠交付

面向字节流

有拥塞控制

只能1对1

全双工

首部20字节

## 套接字

IP地址+端口号，确定TCP通信的端点

## 可靠性保证

自动重传请求：重传自动进行，不需要重复提出请求

累计确认：对最后一个分组进行确认，表示到这个分组为止都已经正确受到

滑动窗口

动态变化的RTT（往返时间）

## 流量控制/拥塞控制（简答）

利用滑动窗口实现

流量控制为点对点通信量的控制

流量控制目的为使得接收方有充足时间接收处理

拥塞控制是全局性的过程，涉及所有主机与路由器

拥塞控制目的为使得网络中的路由器或链路不过载

## 流量控制过程（大题）

结合145PPT

接收方通过控制接收窗口大小来实现流量控制

## 零窗口/持续计时器

目的：为打破死锁

零窗口：接收窗口为0

持续计时器：在收到零窗口通知后启用，到时间则发送探测报文段

## 慢开始（老师要求会做题）

当发送窗口小于慢开始门限时，发送窗口每次 $\times 2$

当大于时，每次 $+1$

当出现拥塞（没有按时受到确认），将慢开始门限设为当前发送窗口的 $1/2$ ，然后重置发送窗口为1

## AQM

主动队列管理

当队列长度到达某个阈值时，主动随机丢弃到达的分组

## TCP连接

三个阶段

连接建立

数据传送

连接释放

主动建立连接的一方为客户

## 连接建立

### 三次握手

- 1:SYN=1, ACK=0,序号seq为x1,发往服务器
- 2:SYN=1, ACK=1,序号seq=y1,ack=x1+1发往客户端、
- 3:SYN=1, ACK=1,序号seq=x1+1,ack=y1+1发往服务器

### 四次挥手

- 1:FIN=1 ACK=0,序号seq=x2,发往服务器
- 2:ACK=1 序号seq=y2,ack=x2+1,发往客户端
- 3:FIN=1,ACK=1,序号seq=y3,ack=x2+1,发往客户端
- 4:ACK=1 序号seq=x2+1,ack=y3+1, 发往服务端

## 应用层

DNS(域名系统)

WWW(HTTP)

## 应用层协议与传输层协议

TCP	UDP
FTP,TELNET,HTTP,SMTP,POP3	TFTP,DHCP,SNMP

## 域名结构

三级域名.二级域名.顶级域名

## DNS域名服务器

根域名服务器，最顶级，知道所有顶级域名服务器的域名和IP地址

## 文件传输协议

采用TCP协议

## 万维网

采用统一资源定位符**URL**标志万维网上的各种文档

URL格式: <协议>://<主机>[:<端口>]/<路径>

采用超文本传输协议**HTTP**实现各种超链的链接，使用TCP

HTTP分为请求报文/响应报文，字段长度不确定

请求报文分为三个部分：开始行，首部行，实体主体，其中开始行为请求行，包含请求方法，URL，HTTP版本

响应报文同理，开始行为响应行，包含HTTP版本，状态码，解释状态码的短语

## 状态码

- 1xx 表示通知信息的，如请求收到了或正在进行处理。
- 2xx 表示成功，如接受或知道了。
- 3xx 表示重定向，表示要完成请求还必须采取进一步的行动。
- 4xx 表示客户的差错，如请求中有错误的语法或不能完成。
- 5xx 表示服务器的差错，如服务器失效无法完成请求。

## 总结

### 五层协议体系架构（简答）

层次	设备	协议
应用层		HTTP,FTP,POP3,SMTP
传输层	网关（用于协议转换）	TCP,UDP,ARQ
网络层	路由器	IP,ICMP.IGMP,ARP,TIP,OSFP,BGP
数据链路层	网桥，交换机，网卡	PPP,CSMA/CD
物理层	转发器，集线器，网卡	